

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍDICÍ SYSTÉM DISTRIBUCE STERILNÍ VODY V MLÉKÁRNĚ

STERILE WATER DISTRIBUTION CONTROL SYSTEM IN A DAIRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Štípek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Beneš

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Martin Štípek

ID: 211185

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém distribuce sterilní vody v mlékárně

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce se věnuje návrhu a realizaci obslužného programu a vizualizace pro technologii distribuce sterilní vody v mlékárně.

1. Analýza zadání a technologického schématu.
2. Vytvoření aktivační matice jako podklad programu.
3. Návrh řídicích algoritmů.
4. Ověření funkčnosti a testování na reálném systému.
5. Vytvoření dokumentace – návod k obsluze a popis řídicích algoritmů.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Niamsuwan, Sathit & Kittisupakorn, Paisan & Mujtaba, Iqbal. (2011). Minimization of water and chemical usage in the cleaning in place process of a milk pasteurization plant. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 33.

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 24.5.2021

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Beneš

Konzultant: Ing. Martin Sedlák

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem systému pro distribuci sterilní vody v mlékárně. V řešení jsou využity různé typy akčních členů. Systém je řízen pomocí PLC Omron CS1H, vizualizace je vytvořena pomocí SCADA systému Reliance 4 a komunikace je řešena využitím OPC Server - Client.

KLÍČOVÁ SLOVA

Distribuce sterilní vody, Aktivační matice, PLC, SCADA, OPC, BFD, P&ID, CX-Programmer, Reliance 4

ABSTRACT

This Bachelor thesis deals with the design of sterile water distribution control system in dairy. In the solution are used different actuator types. System is controlled by PLC Omron CS1H, visualization is made using SCADA system Reliance 4 and communication is handled using OPC Server - Client.

KEYWORDS

Sterile water distribution, Activation matrix, PLC, SCADA, OPC, BFD, P&ID, CX-Programmer, Reliance 4

ŠTÍPEK, Martin. *Řídicí systém distribuce sterilní vody v mlékárně*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2021, 48 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Beneš

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Martin Štípek
VUT ID autora: 211185
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2020/21
Téma závěrečné práce: Řídicí systém distribuce sterilní vody v mlékárně

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno 24.05.2021

.....

podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Benešovi za odborné vedení, pomoc s formální úpravou práce a podnětné návrhy k práci, společnosti Madeta a.s. za umožnění této práce, panu Ing. Martinu Sedlákovu za konzultace týkající se praktické části práce a společnosti Geovap za poskytnutí časově omezené licence pro neomezenou verzi systému Reliance 4 Design.

Obsah

Úvod	10
1 Teoretická část práce	11
1.1 Možnosti řízení procesu výroby	11
1.1.1 Ruční řízení	11
1.1.2 Řízení pomocí reléové logiky	11
1.1.3 Řízení pomocí IPC	11
1.1.4 Řízení pomocí Soft PLC a Slot PLC	12
1.1.5 Řízení pomocí PLC	12
1.1.6 Možné jazyky PLC dle standardu IEC 61131-3	13
1.2 PLC OMRON SYSMAC CS1H	15
1.2.1 Vývojové prostředí Omron	16
1.2.2 Programování pomocí CX-Programmer	16
1.3 SCADA	16
1.3.1 Vývojové prostředí Geovap Reliance	17
1.4 Komunikace pomocí OPC	17
1.5 Block Flow Diagram a Piping&Instrumential Diagram	18
2 Akční členy	19
2.1 Ovládání použitých ventilů	19
2.1.1 Ruční ovládání	19
2.1.2 Elektrické ovládání	19
2.1.3 Pneumatické ovládání	19
2.2 Jednocestný a Trojcestný ventil	20
2.3 Regulační ventil	21
2.4 SRC ventil	21
2.5 Dvousedlový ventil	22
3 Analýza zadání práce	24
3.1 Analýza zadaného technologického schématu	24
3.1.1 Význam zkratk v technologickém schématu	24
3.1.2 BFD výroby	25
3.1.3 BFD CIP	26
3.1.4 BFD Sterilizace vodního filtru	26
3.1.5 BFD Sterilizace výrobní trasy	27
3.2 Použité akční členy, snímače a ostatní zařízení	27

4	Vytvoření a popis akivační tabulky (matice) pro sterilní vodu	28
5	Vytvoření řídicího algoritmu PLC	30
5.1	Konfigurace struktury PLC	30
5.1.1	Často používané instrukce	31
5.1.2	Proměnné, registry a datové typy	31
5.2	Řídicí algoritmus PLC	32
5.2.1	Podprogram Sterilní vody a sterilních filtrů	32
5.2.2	Podprogram Systém	33
5.2.3	Podprogram FB instance	33
5.2.4	Podprogram Konec	33
6	Vizualizace pomocí SCADA systému	34
6.1	Založení nového projektu	34
6.2	Obrazovka vizualizace	34
6.3	Šablony obrazovek	35
6.4	Alarmy	36
6.5	Konfigurace stanice a proměnných	36
6.6	Zabezpečení	37
7	Komunikace pomocí protokolu OPC	38
8	Návod k obsluze	39
	Závěr	40
	Literatura	41
	Seznam symbolů a zkratek	44
	Seznam příloh	45
A	Piping&Instrumential Diagram	46
B	Aktivační tabulka	47
C	Obsah přiloženého CD	48

Seznam obrázků

1.1	Příklad programu v jazyce Ladder	13
1.2	Příklad programu pomocí strukturovaného textu	14
1.3	Příklad programu pomocí funkčních bloků	14
1.4	Příklad programu pomocí Instruction Listu[6]	14
1.5	Příklad programu pomocí Sequential Flow Chart[5]	15
1.6	PLC Omron CS1H s připojenou komunikační kartou	16
1.7	Naznačení principu OPC	18
1.8	Příklad Block Flow Diagramu	18
2.1	Schématická značka ventilu s ručním ovládáním	19
2.2	Fotografie pneumaticky ovládané hlavy Alfa Laval	20
2.3	Schématická značka jednocestného ventilu	20
2.4	Schématická značka trojcestného ventilu	20
2.5	Schématická značka regulačního ventilu	21
2.6	Schématická značka PI regulačního ventilu	21
2.7	Badger Meter Research Control Valve	21
2.8	Schématická značka SRC ventilu	22
2.9	SRC ventil v řezu [20]	22
2.10	Fotografie se zapojením SRC ventilu	22
2.11	Schématická značka dvousedlového ventilu	23
2.12	Dvousedlový ventil v řezu[21]	23
2.13	Fotografie dvousedlového ventilu Alfa Laval Unique SSV	23
3.1	Obecný popis významu značek ze schématu	25
3.2	Blokové schéma výroby	25
3.3	Blokové schéma CIP	26
3.4	Blokové schéma Sterilizace vodního filtru	26
3.5	Blokové schéma Sterilizace výrobní trasy	27
4.1	Část aktivační tabulky (matice) - Sterilizace výrobní trasy	29
5.1	Vytvořený strom při založení nového projektu	30
5.2	Konfigurace modulů PLC	30
6.1	Část dialogového okna vyvolané šablonou	35
6.2	Vlastní definice alarmu akčního členu	36
7.1	Vytvořený strom při založení nového projektu	38
7.2	Nastavení komunikace serveru a zařízení definované v dispečinku	38

Úvod

Tato bakalářská práce se bude zabývat návrhem a následnou aplikací pro přípravu sterilní vody v mlékárenském průmyslu ve spolupráci se společností Madeta a.s. Úprava pitné vody z vodovodního řádu je výhodná jak pro dosažení vyšší kvality používané vody ve výrobě, tak i pro vyšší kvalitu samotných výrobků. Technologii bude využívat více koncových zařízení v "Tvarohárně" (část výrobního závodu - hala, kde se připravují výrobky obsahující tvaroh). Technologie bude spočívat na několika klíčových částech jako je sterilní tank nebo vodní filtry pro čištění vstupní vody na požadované hodnoty, které budou stanoveny laboratorii. V aplikaci budou použity různé akční členy, od klasických jednocestných ventilů až po více komplexní dvou-sedlové ventily, které budou využity pro propojení sterilní vody v jednom potrubí do druhého potrubí připojenému ke koncovému zařízení.

V první a druhé kapitole se tato práce bude věnovat obecnému úvodu do programování PLC a tvorbou vizualizace pomocí SCADA systému, stručným popisem principu budoucí komunikace pomocí OPC serveru a získáváním důležitých informací z diagramů (ať už se jedná o technologické schéma nebo technologie popsané blokovými diagramy). Dále se bude věnovat rozboru nejčastěji se vyskytujícími akčních členů, jako jsou například trojcestné ventily.

Dále bude bakalářská práce zaměřena převážně na praktické řešení zadání. Bude sestavena a popsána aktivační tabulka, která poslouží jako podklad pro tvorbu řídicích algoritmů. Řídicí algoritmy budou implementovány do již použitého PLC CS1H od společnosti OMRON, které má velkou rezervu ve výpočetním výkonu a pouhým rozšířením pomocí modulů ho lze využít pro systém sterilní vody. Bude také vytvořena vizualizace technologie prostřednictvím SCADA systému pomocí softwaru Reliance 4 na obrazovky monitorů sloužící pro dohled nad systémem převážně z kontrolních pracovišť (například kanceláře mistrů, velíny).

Po schválení programu vedoucím projektu ve společnosti bude pod jeho dohledem následovat fyzický commissioning (fyzické testování) na reálném zařízení a za přítomnosti technologa sledován průběh operací, kdy se případně před plným nasazením aplikace odladí systémové vady (tzv. buggy).

Závěrečným cílem práce bude vytvoření návodu k obsluze. Zde budou sepsány bezpečnostní pokyny, aby se předešlo újmě na zdraví pracovníků provádějících činnost na zařízení. Součástí návodu bude také krátký popis ovládání systému, které bude mít na starosti obsluha CIP (spouštění čištění, sterilizace, výroby nebo zastavení pomocí tlačítek na vizualizaci). Jako poslední budou stanoveny intervaly pro pravidelný servis, omezující pravděpodobnost vzniku závažné poruchy na části nebo komponentu zařízení sterilní vody, a seznam základních náhradních dílů pro zajištění bezproblémového chodu.

1 Teoretická část práce

Tato kapitola se zabývá různými možnostmi řízení systému a jeho následným sběrem dat a vizualizací použitím vybraného komunikačního rozhraní.

1.1 Možnosti řízení procesu výroby

Podkapitola se zabývá různými možnostmi řízení procesů a jazyky pro implementaci algoritmů do softwarové podoby.

1.1.1 Ruční řízení

Ruční řízení spočívá v manuálním (neboli ručním) ovládání akčních členů. To s sebou ale nese jistá úskalí, jako například že operátor musí aktivovat buď ručně nebo elektricky ovládané ventily/motory pomocí elektrických signálů za využití dvoustavového tlačítka nebo třeba potenciometru regulující množství průtoku/rychlost otáčení. Toto řešení se dá s výhodou využít pouze u malého systému o pár ventilech. V našem případě, kdy je v systému zakomponováno mnoho akčních členů na různých místech, by byla tato možnost nerozumná s ohledem na množství pracovníků, kteří by museli určené členy v přesně definovaných dobách měnit. Proto se začala využívat automatizovaná řízení, která jsou popsána níže.

1.1.2 Řízení pomocí reléové logiky

Při příchodu relé, stykačů a podobných zařízení se ovládání z velké části velice zjednodušilo a dalo se i centralizovat do jednoho místa na operátorské stanoviště. Operátor musí stále ovládat akční členy v přesně definovaných sekvencích, avšak lze zredukovat personál na obsluhu a zkrátí se tím i doba pro přenastavení všech prvků. Nevýhodou ale stále zůstává množství vodičů, které je potřeba rozvést po místnosti.

1.1.3 Řízení pomocí IPC

IPC (průmyslové PC - Industrial PC) je speciálně navržený osobní počítač, který má za úkol odolávat vnějším nebezpečným vlivům (jako například voda, prach, chemické látky, ...). IPC, na rozdíl od klasického PC, má v sobě již zabudované vstupně/výstupní karty pro analogové vstupy/výstupy, takže není potřeba dalších převodníků. Jelikož vychází z PC, dá se jeho program pro obslužné rutiny psát ve vyšších programovacích jazycích. Zvládají vykonávat program v rychlejších cyklech, mají větší ochranu proti útoku zvenčí (softwarový virus) a zvládají i komunikaci skrze IoT (Internet of Things). V konečném důsledku je IPC velice spolehlivé, mají

dlouhou životnost a umí pracovat s vyššími standardy pro vývoj programu. Avšak s tím roste i konečná cena zařízení. Proto se tohoto zařízení využívá jen v systémech, kde by nebylo výhodné použít PLC z důvodu rychlosti, robustnosti nebo složité integrace [1][3].

1.1.4 Řízení pomocí Soft PLC a Slot PLC

Soft PLC je zařízení, které z osobního počítače vytvoří softwarové PLC a využívá výpočetní výkon počítače i rychlost jeho sběrnic. Naopak Slot PLC přidává do standardního počítače rozšiřující karty, které vytvoří vlastní výpočetní výkon [3].

1.1.5 Řízení pomocí PLC

Této kapitole se bude práce věnovat nejvíce, neboť řízení pomocí PLC je použito ve výsledném řešení. PLC (programovatelný logický(stavový) automat - Program Logic Controller) je velice významným řídicím prvkem, který se využívá zejména pro řízení výrobních technologických procesů. S nástupem mikročipů se naskytla příležitost převést ovládání z hardwaru na software, což vedlo ke snížení množství drátových propojů a dalších mechanických spínačů, jako jsou relé a stykače. Díky výrobcem definovanému rozhraní je velice snadné vytvoření jejich programů, protože veškerou složitost vykonává PLC uvnitř programu cyklicky a sekvenčně.

Jejich nespornou výhodou je jejich robustnost a spolehlivost i v náročných pracovních podmínkách, které může představovat prašné prostředí. Dále lze ušetřit na elektrických rozvodech.

PLC mohou být modulární nebo kompaktní. Kompaktní systém má zabudovanou výpočetní jednotku společně se vstupy a výstupy do jednoho zařízení. Ty však mají omezený počet vstupů a výstupů. Tento problém řeší modulární PLC, kdy se na RAIL lišty přidávají jednotlivé komponenty. Výhodou modulárních systémů je, že můžeme mít téměř libovolně mnoho vstupů a výstupů.

Moduly mohou být analogové, digitální (které vzorkují vstupní signál nebo ho naopak skládají zpět) nebo speciální, které jsou schopny tvořit zpětnovazební regulační obvody s volitelnými parametry regulátoru. Díky těmto řešením jsou PLC velice oblíbené kvůli své jednoduchosti, kdy se nemusí jednotlivé vstupy ošetřovat zvlášť, jako například u mikropočítačů.

Pro programování bylo potřeba vytvořit pro uživatele jednoduché programovací jazyky, které využívají převážně 2 booleovské stavy, a to buď zapnuto (hodnota 1) anebo vypnuto (hodnota 0). Díky tomu jsou automaty flexibilní, kdy se změna v procesu provede pouze uvnitř zařízení v softwaru, místo přepojování propojek a stykačů.

Nejčastější jazyky (dle standardu IEC 61131-3): Ladder diagram (LAD/LD) skládá booleovské rovnice pomocí kladných nebo negovaných kontaktů a výstupních cívek, a proto je jednoduchý na implementaci. Structured Text (ST/STL) se píše podobně jako vyšší programovací jazyky, je relativně přehledný, ale je složitější na pochopení. Sequential Flow chart (SFC) se skládá z bloků vykonávajících nějaké akce a přechodů mezi jednotlivými bloky, které znázorňují podmínky splnění. Existují i další jazyky, jako Instruction List (IL), ale ty PLC OMRON nevyužívá, proto se jim práce nebude dále věnovat.

Vytvořený program je možné skládat do bloků, které mají logickou spojitost a lze je volat z více míst, nebo funkcí [3].

1.1.6 Možné jazyky PLC dle standardu IEC 61131-3

Ladder diagram

Instrukce v jazyce (viz obr 1.1) Ladder vycházejí ze zapojení v reléové logice, která vykonává booleovské operace. Jazyk Ladder využívá grafického znázornění kontaktů (ať už kladných nebo negovaných), které spojuje, aby vytvořil booleovskou rovnici, kterou přiřadí do výstupní cívky. S postupným rozvojem tohoto jazyka se začaly objevovat různé funkce (jako např. Move pro přesun čísla nebo detekce hran), které rozšiřují jeho použití.



Obr. 1.1: Příklad programu v jazyce Ladder

Structured Text

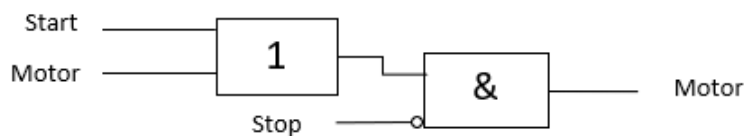
Jak už název napovídá, strukturovaný text (viz obr 1.2) se velice podobá vyšším programovacím jazykům, a proto je snadnější na porozumění i pro vývojáře na jiných platformách.

<pre> IF (Start OR Motor) AND NOT Stop THEN Motor := TRUE; ELSE Motor := FALSE; END_IF; </pre>	<pre> Start = 0 , Motor = 0 , Stop = 0 Motor = 0 Motor = 0 </pre>
--	---

Obr. 1.2: Příklad programu pomocí strukturovaného textu

Function Block Diagram

Jedná se o opět o grafický jazyk (viz 1.3), který má již předpřipravené bloky, ve kterých má zadané operace (např. logické). Ty se pak skládají za sebe a připojují se jim vstupy a výstupy.



Obr. 1.3: Příklad programu pomocí funkčních bloků

Instruction List

Instruction list (obr. 1.4) se velice podobá Ladder diagramu, s jediným rozdílem, že místo grafického rozhraní jsou psány instrukce textovými příkazy pod sebe. Tím se celý zápis prodlužuje, mírně se snižuje přehlednost, a proto se od něj v poslední době upouští.

```

LD %I1.1
OR %M1
ST %Q2.3

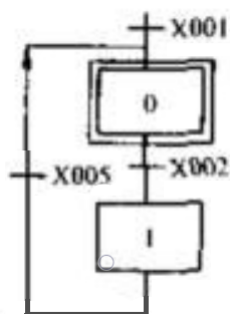
```

Obr. 1.4: Příklad programu pomocí Instruction Listu[6]

Sequential Function Chart

Sequential Function Chart, nebo také GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Com-mande Etapes/Transitions) je grafickým znázorněním diagramu stavů a přechodů (viz obr 1.5). Každý stav znázorňuje sérii akčních zásahů (např. rozeběhnutí motoru)

a v tomto stavu setrvává do splnění následující podmínky (přechodu) [4].



Obr. 1.5: Příklad programu pomocí Sequential Flow Chart[5]

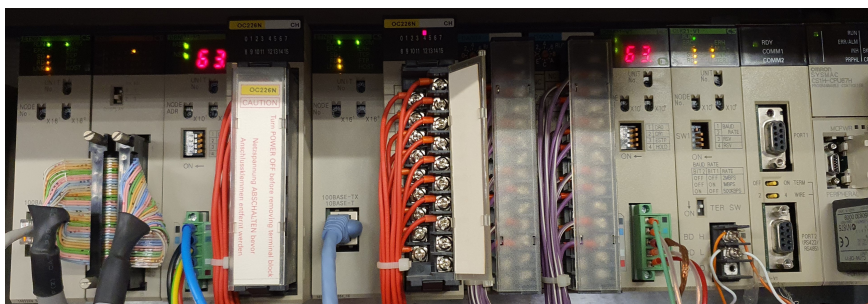
1.2 PLC OMRON SYSMAC CS1H

OMRON je japonská společnost, která se od roku 1933 zabývá různými druhy elektroniky (automatizace, robotika, medicína, ...). Jedním z těchto produktů je i PLC řady SYSMAC CS1, v našem případě CS1H (znázorněném na obr 1.6), což je nejlepší typ řady CS1. Ta vyniká svou rychlostí, kdy zvládá 38 tis. kroků/ms, instrukci v jazyce LD za 0,02 μ s a obsluhu periférií minimálně 2x rychleji, než předchozí model.

S příchodem nového modelu se také zvedla přesnost výpočtu na double (Datový typ Double-precision floating-point), zároveň přibyla funkce PID s možností autotuning, která dokáže sama bez zásahu programátora vykonat drobné změny v konstantách regulátoru. Další důležitou věcí je výskyt zásobníku, kam si může řídicí jednotka odkládat dočasná data, což zrychlí běh programu.

Řada CS1 komunikuje v režimu fullduplex, což znamená, že posílá data v obou směrech zároveň. Proto je zde možné připojení pomocí komunikace typu Ethernet, PROFIBUS, CAN nebo Controller Link. Možnost širokého výběru druhu komunikace přináší větší univerzálnost.

CS1 je modulární řešení PLC, kdy se vedle sebe skládají jednotlivé komponenty v nějakém logickém pořadí (např. napájecí zdroj, CPU, I/O karty, ...) na instalační lištu do elektrického rozvaděče. Toto řešení je snadno modifikovatelné pouhým posunutím nebo vyjmutím částí systému a vložením nové komponenty [7][8].



Obr. 1.6: PLC Omron CS1H s připojenou komunikační kartou

1.2.1 Vývojové prostředí Omron

Omron, stejně jako další společnosti realizující automatizaci pomocí svých výrobků, má k tomuto účelu i svá vývojová prostředí. Pro tvorbu řídicího algoritmu se využívá program CX-Programmer a pro tvorbu vizualizace prostředí CX-Designer. Tyto 2 velké programy společně s ostatními menšími tvoří vývojové prostředí Omron CX-One.

Propojení

Kromě klasického propojení, jako je na Ethernet nebo TCP/IP, mají zařízení Omron další vlastní komunikace, například Omron Toolbus driver, což je speciální driver navržen pro řady CJ1 a CS1 jako komunikace mezi PLC Omron a určitého typu vizualizace (převážně také Omron) [9].

1.2.2 Programování pomocí CX-Programmer

Výsledné řešení této práce je realizováno léty prověřeným prostředím CX-Programmer. Toto prostředí je velice dobrý pomocník, který je velmi jednoduchý na přehlednost i na prvotní zorientování se v prostředí. Prostředí ve své verzi 9.6 umožňuje tvořit programy pomocí 3 jazyků ve standardu IEC 61131-3 (Ladder, Structured text a Sequential Function Chart).

Zvládá tvořit pole hodnot nebo struktury. Využívá automatické alokace proměnných, což zvyšuje rychlost a dovoluje monitoring (sledování stavu) proměnných. Má také jednodušší využívání časovačů. Využívá chytřejších možností tvorby a konfigurace vstupů, což redukuje chyby a programování je rychlejší [10].

1.3 SCADA

Supervisory Control And Data Acquisition, neboli SCADA, je nadřazený systém PLC v operátorské vrstvě fungující většinou na bázi výkonného PC. Sbírá data

(nastavení, předchozí i aktuální chybové hlášky, efektivita výroby, ...), analyzuje je, dělá statistiky nebo zobrazuje monitorovaná data na obrazovku na operátorském pracovišti. Z tohoto vyplývá, že SCADA nevykonává samotnou obsluhu akčních členů, ale dohlíží na celý proces. Použití systému je výhodné při sledování technologie velkého rozsahu.

Systém komunikuje třeba přes sériové linky, dnes však nejčastěji pomocí Ethernetové komunikace, jako je například OPC (server - client) [3][12].

1.3.1 Vývojové prostředí Geovap Reliance

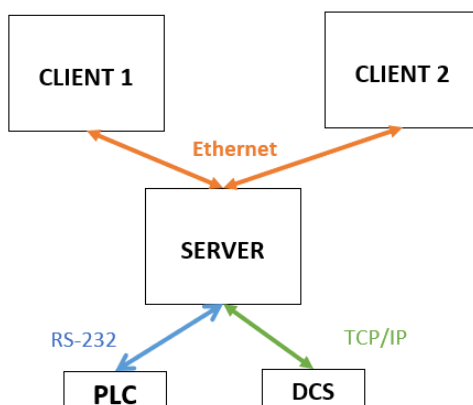
Prostředí Reliance, vyvinuté společností Geovap, je SCADA systém vytvořený pro monitorování průmyslových automatizačních dějů nebo budov. Díky dlouholetému vývoji je systém přehledný a intuitivní. Existují 2 varianty produktu a sice buď Desktop (pouze 1 obrazovka systému SCADA) nebo Enterprise.

Reliance dokáže včas varovat obsluhu na nebezpečí, má redundantní datové toky, vzdálený přístup pomocí chytrého zařízení či Internetu (tenci klienti) nebo se výsledný systém jednoduše vyexportuje do webové aplikace [13][14].

1.4 Komunikace pomocí OPC

OLE for Process Control nebo Open Platform Communications je komunikační protokol s jednotným rozhraním, který využívá princip Server a Client na softwarové úrovni. Řídící systémy typu PLC komunikují skrze své sběrnice se serverem, který si uchovává jejich hodnoty. Pomocí serveru odpadají různé drivery (ovladače) pro komunikaci s řídicími systémy, které se často vzájemně ovlivňovaly. Drivery se implementují přímo do serveru, který dále přeposílá informace po jiné společné komunikaci mezi Serverem a Clientem. Server komunikuje se všemi připojenými zařízeními (bez ohledu na typ výrobce nebo připojeném typu komunikace), a na vyžádání tyto informace předává Clientovi (nezávisle na počtu připojených Clientů) (viz 1.7).

Client si vyžaduje jen informace od serveru (nezatěžuje komunikaci PLC) pomocí vybrané *Real Time Communication - Komunikace v reálném čase* (RTC) (např. průmyslový Ethernet), které jsou pro něj v tu dobu relevantní. Ty může využívat třeba systém SCADA, jež je schopen pomocí tohoto principu zobrazovat stavy, procesy, poruchy nebo je i zpětně upravovat (měnit hodnoty na OPC Serveru), jako je například procedura (zpětně se zapíše do PLC).[15][16][17].

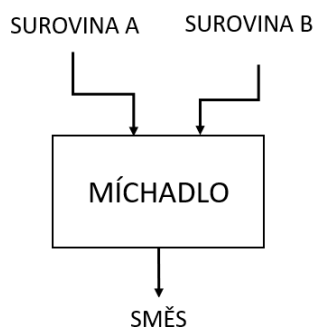


Obr. 1.7: Naznačení principu OPC

1.5 Block Flow Diagram a Piping&Instrumental Diagram

Block Flow Diagram (BFD) je typ diagramu, kdy se z celkového technologického schématu vytvoří významné funkční celky (operace), a tím se například pro obsluhu stává pochopení celkového technologického schématu (jak technologie funguje, řazení operací za sebou) jednodušším (viz obr. 1.8). Významné vstupy (pára, voda, ...) vstupují do bloků a lze jim přiřadit i nějaké obecné hodnoty (např. maximální tlak).

Na rozdíl od BFD, P&ID (Piping&Instrumental Diagram) znázorňuje kompletní technologické schéma se všemi akčními členy (ventily, motory, ...) společně s ostatními zařízeními (např. filtry) [19][18].



Obr. 1.8: Příklad Block Flow Diagramu

2 Akční členy

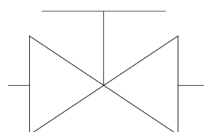
Stručný popis většiny použitých akčních členů z P&ID diagramu je shrnut v této kapitole.

2.1 Ovládání použitých ventilů

V této sekci (podkapitole) je uvedeno několik principů pro řízení ventilů. Je zde také uveden důvod využití převážně pneumaticky ovládaných akčních členů v zadané technologii.

2.1.1 Ruční ovládání

Ručně ovládané ventily (schématická značka na obrázku 2.5) mohou být uzavírány pomocí kohoutu nebo šroubením. Při změně polohy kohoutu pákou se uvnitř změní průřez, například pomocí kulového tělesa, a tím se dá plynule regulovat průtok. Ventil se šroubením mění hloubku, třeba konického tělesa uvnitř, a tím také plynule reguluje svůj průtok.



Obr. 2.1: Schématická značka ventilu s ručním ovládáním

2.1.2 Elektrické ovládání

Elektricky ovládané ventily jsou téměř shodné s těmi pneumatickými (viz níže). Rozdíl spočívá v ovládání ventilu elektrickým signálem namísto tlakem vzduchu.

2.1.3 Pneumatické ovládání

Pneumaticky ovládané ventily mohou být řízeny spojitě nebo diskrétně. Diskrétní mají pouze 2 stavy - zavřeno nebo otevřeno. Principiálně nemohou mít jiný stav. Regulované mají napojené speciální řídicí hlavy, které dokážou pomocí škrtků ventilů samostatně regulovat ovládací tlak, a tím i otevření škrtkového tělesa uvnitř ventilu.

Všechny použité ventily v technologickém schématu (až na ruční) jsou ovládány pneumaticky (vzor ovládací hlavy na obr 2.2). Je to z toho důvodu, že pneumatika

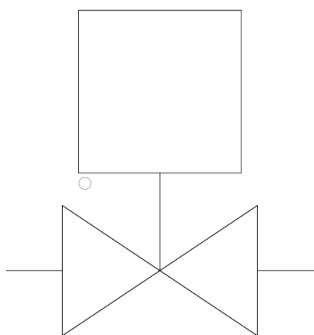
je prakticky bezúdržbová, pokud má kvalitní přípravu vzduchu, což se například o starší elektronice motorů a snímačích říci nedá. Proto je pneumatika schopna zajistit téměř 100% spolehlivost. Také některé technologie pochází z minulé dekády, kdy nebylo jednoduché řídit různé typy motorů.



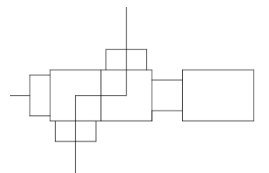
Obr. 2.2: Fotografie pneumaticky ovládané hlavy Alfa Laval

2.2 Jednocestný a Trojcestný ventil

Jednocestné ventily (na obr. 2.3) mají jen jeden vstup a jeden výstup, a tím tedy mohou regulovat pouze svůj průtok (snížení, uzavření, ...). Jejich výhodou je mechanická jednoduchost. Trojcestné ventily (na obr. 2.4) sice neposkytují možnost plynulé regulace, ale lze přepnout na jinou cestu a nebo všechny 3 uzavřít. Dají se využít pro přepnutí tras a ušetření ostatních částí potrubí.



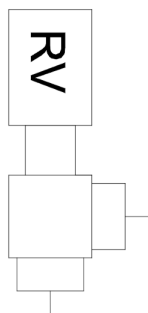
Obr. 2.3: Schématická značka jednocestného ventilu



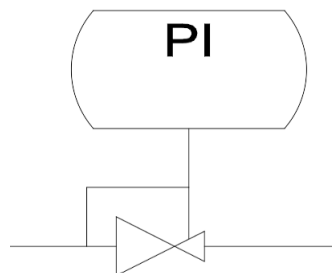
Obr. 2.4: Schématická značka trojcestného ventilu

2.3 Regulační ventil

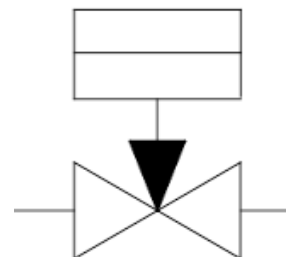
Regulační ventil (značka na obr. 2.5) je speciálně vytvořen pro přesnou spojitou regulaci média (jako třeba ventil ovládaný PI regulátorem na obr. 2.6 nebo speciální regulační ventil od americké společnosti Badger Meter, který je na obr. 2.7). Je ovládán řídicí/regulační hlavou, která reguluje množství průtoku.



Obr. 2.5: Schématická značka regulačního ventilu



Obr. 2.6: Schématická značka PI regulačního ventilu



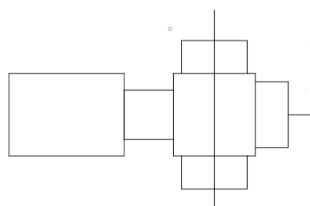
Obr. 2.7: Badger Meter Research Control Valve

2.4 SRC ventil

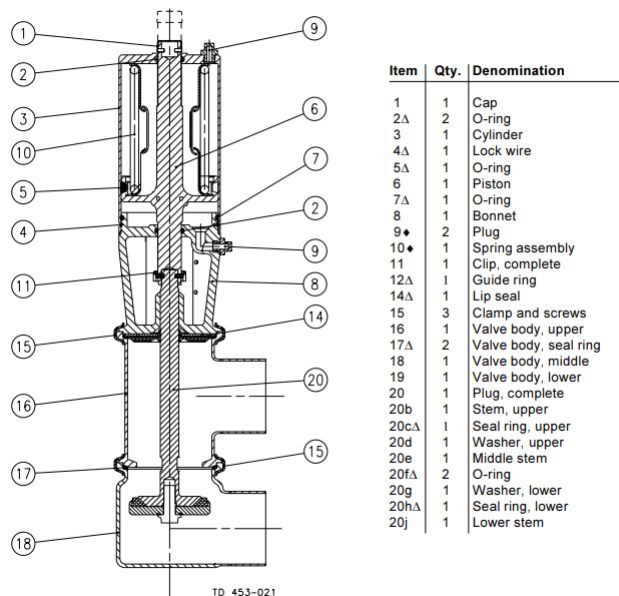
SRC (Sanitary Remote-Controlled) je ventil od společnosti Alfa Laval, který se již dnes pod tímto názvem nevyrábí, ale jeho nástupci pracují na podobném principu (jeden z posledních ventilů na světě je na obr. 2.10).

Ventil v technologickém schématu má potrubí připojeno do tvaru T (viz schématická značka 2.8), kdy je vyměněn jen tvar propojky z obrázku 2.9, jeho činnost není tedy nijak změněna od obrázku 2.9.

V technologii na výkrese jsou 2 potrubí stále spojena. Při požadavku na otevření se ventil otevře, čímž se propojí i třetí potrubí (pro vypuštění vody nebo čistícího média), jinak setrvává v uzavřeném stavu, zadržuje medium ve výrobní smyčce a parní bariéru v průchozím směru.



Obr. 2.8:
Schématická
značka SRC
ventilu



Obr. 2.9: SRC ventil v řezu [20]

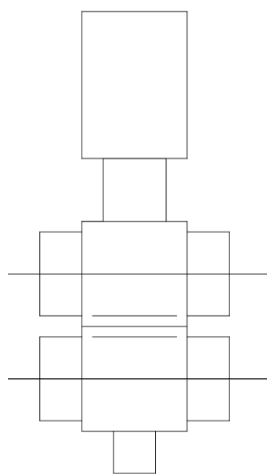


Obr. 2.10: Fotografie se zapojením SRC ventilu

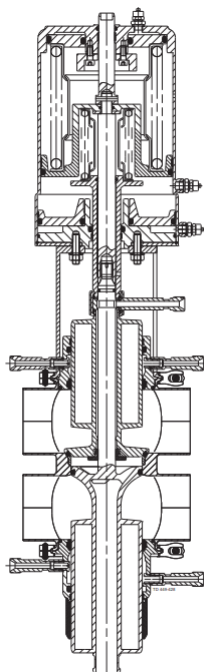
2.5 Dvousedlový ventil

Dvousedlový ventil (značka na obr. 2.11) má přivedená 2 nezávislá potrubí, která jsou vidět na obr. 2.13 dole. Pomocí vnitřního mechanismu sedel zvládne hygienicky (bez vstupu nečistot) oddělit tato 2 potrubí (pomocí těsnění na sedlech) nebo je propojit otevřením obou sedel (princip lze odvodit z obrázku 2.12). V jednom potrubí může téct třeba produkt výroby a ve druhém například médium pro čištění stylem *Clean In Place* (CIP).

Při čištění pro maximální čistotu mezi sedlem ventilu a jeho tělem lze využít ztrátové čištění (čistící roztok v malých objemech odtéká mimo uzavřený systém), kdy se určitému sedlu mění v určitých časových intervalech jejich poloha (tzv. flipování - ventil se uzavírá a otevírá), a tím se pročistí i oblast mezi sedly a tělem ventilu. [21]



Obr. 2.11:
Schématická
značka dvoused-
lového ventilu



Obr. 2.12:
Dvousedlový
ventil v řezu[21]



Obr. 2.13:
Fotografie
dvousedlového
ventilu Alfa
Laval Unique
SSV

3 Analýza zadání práce

V této kapitole se práce zabývá popisem rozvržených částí zadaného systému tak, aby svoje části (kroky) systému na sebe navazovaly a dávaly smysl z pohledu technologie. Dále je zde nastíněno, jaká zařízení byla využita k realizaci práce.

3.1 Analýza zadaného technologického schématu

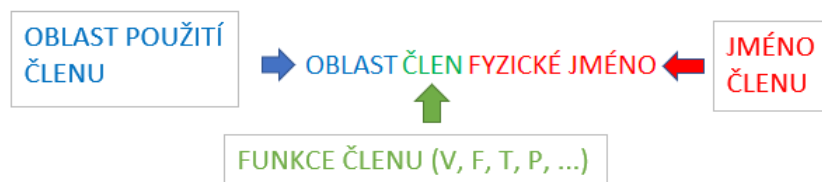
Pro nejjednodušší analýzu systému je nejlepší způsob si celou technologii překreslit do BFD ze zadaného P&ID. Celá technologie se v podstatě skládá z následujících kroků (bloků). Z těchto bloků bude později vycházeno pro sestavování celků v aktivní matici.

3.1.1 Význam zkratk v technologickém schématu

Ve společnosti je zaveden systém, podle kterého se rozlišuje, kde se zařízení nachází, co vykonává za činnost a jaké má vlastní číslo. V různých podnicích se tato označení liší svou délkou a podrobnostmi. V technologickém schématu jsou popsány značky co nejméně podrobně, aby se ušetřilo místo na výkrese, následným značením fyzických členů a zkrácení čtení obsluhou či údržbou. Jedinou nevýhodou takového značení je nemožnost poznat podle popisu, o který ventil se jedná (jestli jde o jednoduchý jednocestný nebo o dvousedlový ventil). To však částečně řeší vizualizace, kde jsou znázorněny. Příklady značení s vysvětlením:

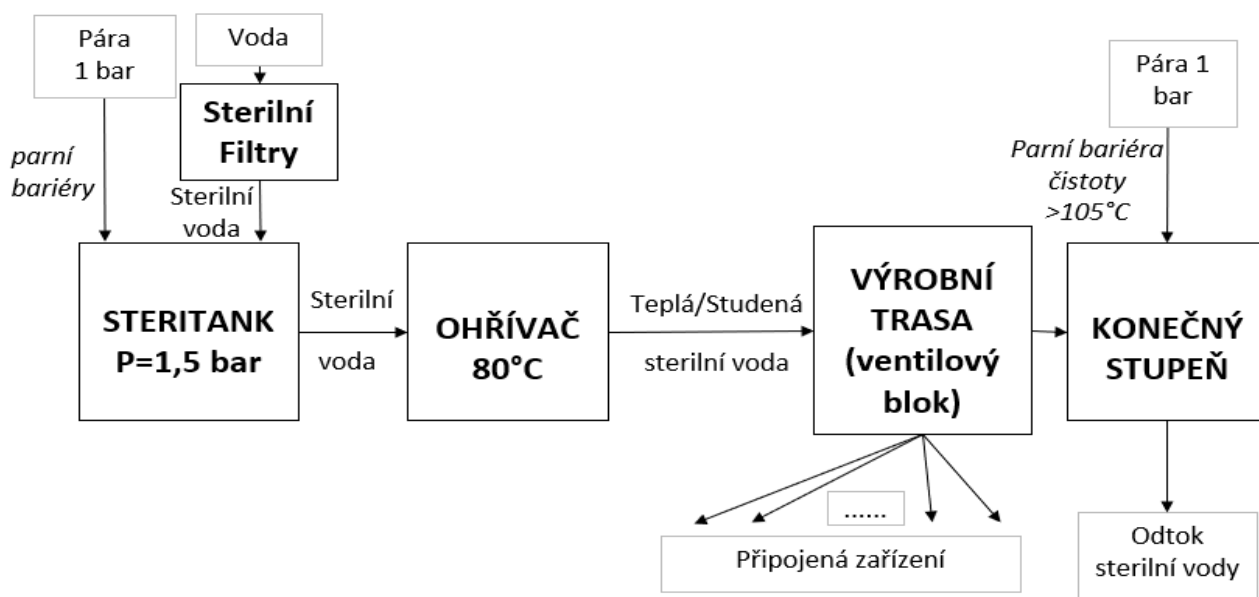
- 3302V135 - Ventil s fyzickým označením 135, který vpouští vodu do mezipláště steritanku, nacházející se v sekci 3302, kterou má přidělenou právě tato aplikace.
- 3301RV12 - Regulační ventil s číslem 12 umístěný v části pro sterilní filtry vody s označením 3301, který reguluje průtok vody z vodovodního řádu na 5000 l/h.
- 3302L01 - Hmotnostní váha č. 1, která je umístěna přímo pod jednou nohou nádrže (tedy v sekci 3302), která se při vypuštění tanku nakalibruje na hodnotu 0 a při následném plnění měří hmotnost čisté vody, podle které se dá dopočítat i aktuální množství vody uvnitř nádrže.

Senzory a snímače jsou značeny podle svých principů a udávají teplotu - T, tlak - P nebo například průtok - F. Obecný popis, který se dá aplikovat na jakémkoliv zařízení je na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Obecný popis významu značek ze schématu

3.1.2 BFD výroby

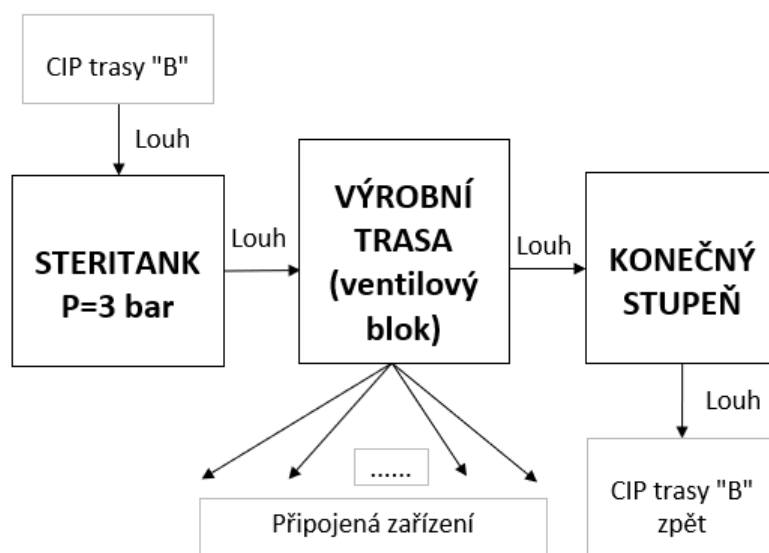


Obr. 3.2: Blokové schéma výroby

Pára o tlaku 1 bar vytvoří v horní i dolní části tanku parní bariéry, které zamezí případnému vniknutí nesterilního tělesa (bakterie, pevné částice). Pitná voda, z vodovodního řádu s požadovanou tvrdostí, se přivede na sterilní vodní filtry, kde se zbaví pevných částic, minerálů a mikroorganismů, které by mohly poškodit koncové výrobní linky nebo je znečistit. Steritank slouží jako zásobárna sterilní vody. Odtud putuje sterilní voda do ohřívače, který ji dle potřeby může ohřát až na 80 °C. Dále putuje buď studená nebo teplá sterilní voda přes výrobní okruh (ventilový blok), kde je určitý počet dvousedlových ventilů, které jsou ovládány přímo koncovými zařízeními podle jejich potřeby. Počet připojených zařízení se může upravovat dle aktuálního stavu (počtu) výrobních linek. Na koncovém stupni je opět parní bariéra pro udržení sterility. Sterilní voda se zde zastaví a dále nepokračuje až do konce výroby. Poté je odvedena ze systému pryč (např. na kanalizaci). BFD výroby je vidět na obrázku 3.2.

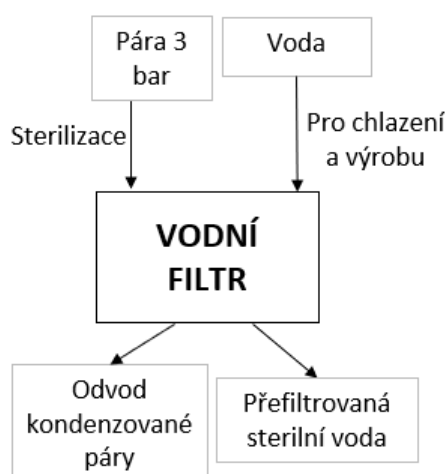
3.1.3 BFD CIP

CIP je čištění potrubí a tanků po výrobě pomocí kombinace louhů a kyselin. Ta putuje v celém okruhu a rozpouští případné nečistoty. Z trasy B pro čištění vede odbočka přes steritank, přes výrobní dvousedlové ventily (ventilový blok) do koncových linek a přes konečný stupeň se okruh uzavírá zpět na středisko CIP. Blokový princip je na obrázku 3.3.



Obr. 3.3: Blokové schéma CIP

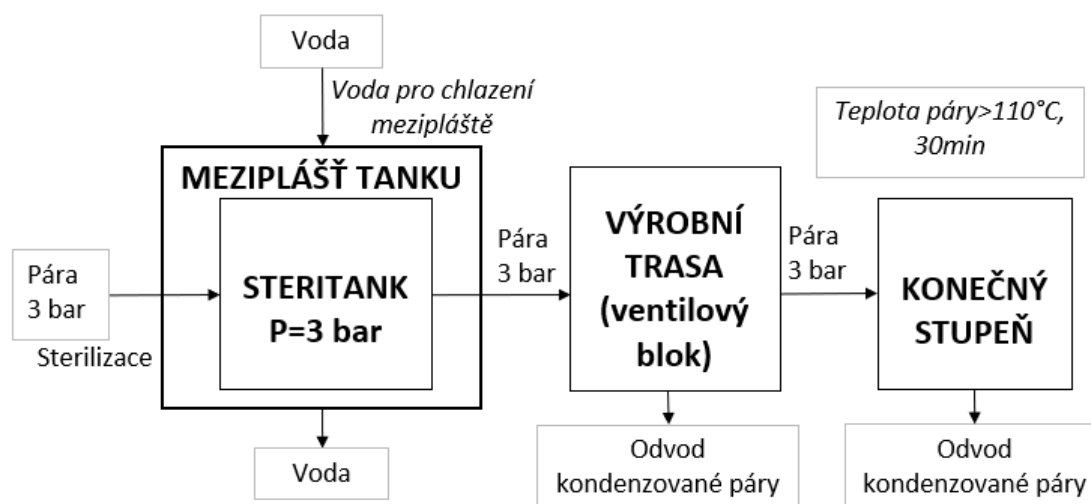
3.1.4 BFD Sterilizace vodního filtru



Obr. 3.4: Blokové schéma Sterilizace vodního filtru

Vodní filtr se musí pravidelně upravovat párou, aby byla dodržena požadovaná čistota vody. Filtry se odkalí, "propaří" (určitou dobu se v nich udržuje horká pára), a tím se zbaví nečistot. Poté se do nich přivede pitná voda, čímž se propláchnou a ochladí. Po provedení jsou sterilní filtry připraveny k výrobě. Blokový postup je na obrázku 3.4

3.1.5 BFD Sterilizace výrobní trasy



Obr. 3.5: Blokové schéma Sterilizace výrobní trasy

Při sterilizaci trasy, kudy poté povede sterilní voda, se opět využívá horké páry (po dobu 30 minut), která prochází sterilním tankem, dvousedlovými ventily (ventilový blok) až po konečný stupeň. Poté se ochlazuje plášť tanku vodou (steritank má dvojitou stěnu) kvůli zamezení případné deformace prudkou změnou teplot a vzniku podtlaku. Tento jednoduchý a srozumitelný popis je na obrázku 3.5.

3.2 Použité akční členy, snímače a ostatní zařízení

Práce se nezabývá řešením použitých akčních členů, snímačů či vhodného PLC. Zadávací firma jasně určila, jaké typy zařízení se použijí. PLC se rozšířilo o vstupně výstupní karty pro připojení více analogových a digitálních vstupů a výstupů. Dále bylo pracováno s aktuálními monitory pro zobrazení vizualizace pomocí SCADA systému a použité snímače (tlakoměry, průtokoměry) byly převážně využity z firemních zásob pro náhradní díly.

4 Vytvoření a popis aktivační tabulky (matice) pro sterilní vodu

Aktivační tabulka/ matice je grafické vyjádření kroků, které musejí nastat v pořadí, jak na sebe navazují. Ke krokům se vždy pojí nějaké akce na akčních členech (ventilech). Aktivační tabulka je jiné vyjádření vývojového schématu pro tvorbu algoritmu řízení. Odpadá složitější kreslení tvarů diagramu a vše se jednoduše zapisuje do sloupců tabulky. Toto řešení je výhodné zejména pro laickou obsluhu, pro kterou by mohlo být čtení vývojového schématu náročné. Řešení pomocí tabulky vyniká také svou přehledností pro programátora, který přímo vidí jaké akční členy jsou aktivní, v jakém kroku programu se nachází a za jakých podmínek se systém automaticky posune do dalšího kroku.

Na pravém i levém okraji (pro lepší orientaci v rozsáhlé tabulce) jsou slovní popisy kroků, které musejí nastat v technologem předem definovaném pořadí, aby vše probíhalo dle očekávání a podle norem, ať už firemních, nebo potravinářských (viz obr. 4.1 sekce A). Tyto slovní popisy byly vytvořeny za pomoci technologa, který aplikaci vymýšlel.

V horní části tabulky jsou jména fyzicky umístěných ventilů a jejich slovní popis. Pokud se systém nechová podle představ, může si technolog, obsluha nebo údržba kdykoliv zjistit podle schématu jméno akčního členu, který způsobuje problém a podle aktivační tabulky rozhodnout, jestli má být aktivní nebo deaktivovaný.

Další důležitý sloupec je podmínka (viz obr. 4.1 sekce B). Ta nám říká, jaký tlak, teplota nebo předem definovaná doba musí nastat, aby se systém automaticky mohl přepnout do dalšího přesně definovaného kroku. Pokud tato podmínka nenastane, systém musí setrvávat v daném stavu dokud se podmínka nesplní nebo např. nepříjde obsluha, která má vyšší rozhodovací schopnost a může daný krok přeskočit nebo umožnit přechod do jiného kroku manuálně stiskem tlačítka na obrazovce. Ve vedlejším sloupci s označením E jsou zapsána čísla kroků tak, jak jsou definovány v řídicím algoritmu pro PLC.

Následují rozsáhlé sloupce Sterilní tank, Odvody kondenzu a trasa vody a Filtř sterilní vody (část těchto sloupců je na obr. 4.1 sekce C). Zde jsou uvedeny křížky, které značí aktivaci akčního členu v daném kroku (pokud je vyznačen, musí být člen aktivován). Toto lze vidět v označené části D na obrázku 4.1, kde je vyznačeno v jakých krocích bude aktivován člen 3302V102 pro plnění steritanku. V některých případech, kdy je potřeba jiná operace s ventilem, je tato situace uvedena ve zkratce u příslušného křížku. V příloze A tak lze například vidět flip 100/50, který značí uzavírání a otevírání trojcestného ventilu 3302V135 v definovaném intervalu v poměru 10 s aktivní, 5 s zavřený pro chlazení steritanku pomocí dvojitého pláště.

Celá aktivační tabulka/matice se nachází v příloze A nebo na v elektronické podobě kvůli svojí velikosti (formát A3).

Aktivační tabulka Sterilní voda Jindřichův Hradec							
Název kroku	Krok	Podmínka (sekundy)					
			3211V10 V136	3302V10 1	3302V10 2A	3302V10 2	3302V10 5
Předsterilizace TANKU	10	po CIP, 3302B01=0, hladina 0					
tlakování 1 bar	12	(30s)					
tlakování 3 bar	14	(5s)					
tlakování 1	16	(300s)				X	
vypouštění 1	18	(5s)				X	
tlakování 2	20	(60s)				X	
vypouštění 2	22	(5s)				X	
tlakování 3	24	(60s)				X	
vypouštění 3	26	4300T01 > 110°C				X	
ohřev	28	3302T03 > 105°C, 3302T03 > 105°C4300T01 > 110°C(1800s)				X	
sterilizace	30	(150s)					
chlazení 1	32	(600s)					
chlazení 2	34	(900s)					
vypouštění kondenzátu 1	36	(20s)				X	
vypouštění kondenzátu 2	38						
příprava k plnění							

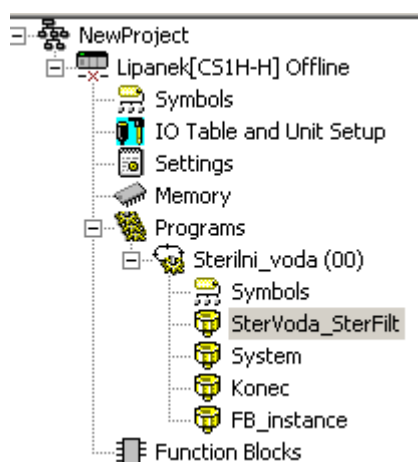
Obr. 4.1: Část aktivační tabulky (matice) - Sterilizace výrobní trasy

5 Vytvoření řídicího algoritmu PLC

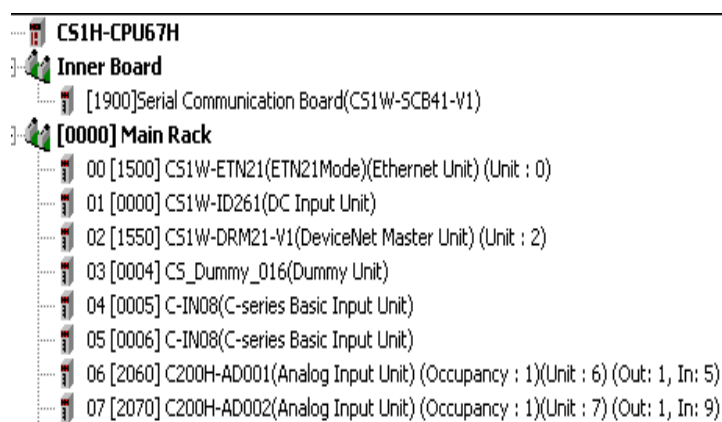
V následujících podkapitolách bude popsán návrh PLC algoritmů pro řízení technologie sterilní vody.

5.1 Konfigurace struktury PLC

Při spuštění prostředí CX-Programmer se nejprve založí nový projekt. Otevře se dialogové menu, kde se vybere typ používaného PLC (např. CS1H), zvolí se vlastní jméno PLC a vybere se vhodná komunikace s okolními zařízeními (např. Ethernet). Jedním z požadavků od zadavatele bylo, aby se systém pro sterilní vodu připojil na současné zařízení, které již ovládá celou halu. Proto byl zvolen při vytváření projektu typ CS1H-H, který je již nasazen, vytvořilo se jméno automatu (Lipanek) a zvolil typ již používané komunikace Ethernet. Po vyplnění všech těchto údajů software CX-Programmer automaticky vytvoří celou základní topologii s globálními proměnnými, s registry pro vstupy a výstupy a oblastí pro programy, které mohou být nezávisle na sobě definovány a spouštějí vlastní předdefinované operace. Celý takto vytvořený strom je na obr. 5.1.



Obr. 5.1: Vytvořený strom při založení nového projektu



Obr. 5.2: Konfigurace modulů PLC

Na obrázku 5.2 lze vidět použitou konfiguraci PLC, jako jsou vstupní, výstupní a komunikační moduly. Tyto moduly se definují v záložce IO Table and Unit Setup. Pomocí modulu 00, umístěného v Main Rack, se definuje nastavení Ethernetové komunikace (IP adres) pro připojení SCADA systému.

5.1.1 Často používané instrukce

- SET - Instrukce set slouží k nastavení daného výstupu, pokud jsou všechny předcházející podmínky splněny. Jedná se o stejný mechanismus aktivace, jako je u jiných prostředí výstupní cívka typu set nebo latch
- RSET - Instrukce rset slouží k deaktivaci daného výstupu, pokud jsou všechny předcházející podmínky splněny. Jedná se o stejný mechanismus deaktivace aktivace, jako je u jiných prostředí výstupní cívka typu reset nebo unlatch
- KEEP - Instrukce keep má 2 vstupy a slouží k aktivaci daného výstupu, pokud jsou všechny předcházející podmínky do prvního vstupu splněny. Pokud jsou oba vstupy aktivní nebo je pouze vstup do druhého vstupu aktivní, je výstup neaktivní. Jedná se tedy o podobný princip jako je RS klopný obvod, který má prioritu reset
- MOV - Instrukce přiřadí předdefinovanou hodnotu do proměnné (kromě datového typu BOOL)
- TIM - Instrukce časovače odpočítává čas do aktivace svého výstupu
- CNT - Počítá počet náběžných hran na vstupu. Po shodě s přednastavenou hodnotou se aktivuje výstup

5.1.2 Proměnné, registry a datové typy

Proměnné jsou definovány pomocí následujících datových typů a registrů. Použité registry PLC:

- Registr H - Holding Area - Po vypnutí napájení si PLC uchovává svoji předchozí hodnotu
- Registr D - Data Memory - Paměťová oblast pro uchování proměnné do velikosti 16 bitů
- Registr E - Extended Memory - Víceúčelová paměťová oblast ve velikosti slova (Word) uchovávající data i po změně modu PLC (např. RUN -> STOP)

Používané datové typy:

- Bool - Nejpoužívanější datový typ, který nabývá pouze 2 stavů (true - 1, false - 0). Využívá se pro digitální vstupy a výstupy, které mají 2 stavy (otevřeno/-zavřeno)
- Word - Datový typ o délce 16 bitů (2 byty). Tato velikost postačuje pro zapsání analogové hodnoty po převodu, velikosti času pro timer nebo pro zapsání hodnoty kroku systému
- Timer - Datový typ Timer lze využít pouze s přiřazením k časovači. Po zapsání proměnné tohoto typu do kontaktu signalizuje dokončení časovače

5.2 Řídící algoritmus PLC

Řídící algoritmus, který využívá systém PLC, je rozdělen do několika částí - podprogramů. Každý podprogram vykonává svou danou obsluhu (např. všechny kroky pro sterilní tank). Všechny podprogramy běží paralelně v kontinuálním režimu, a tudíž zajišťují, že se v nich dané algoritmy mohou vykonávat nezávisle. Celé prostředí, kde jsou vyvíjeny algoritmy, běží na virtuálním počítači pomocí virtuální stanice od společnosti VMware Inc. z důvodu, že vývojový program je v této verzi podporován pouze pro Windows XP Professional. Na virtuálním systému se pracuje s vývojovým prostředím CX-Programmer ve verzi 9.61 s využitím CX-Server od společnosti OMRON. Systém je vytvořen pomocí programovacího jazyku Ladder.

Podobu systému je možné zobrazit pouze jako elektronickou přílohu po otevření souboru s příponou .exp.

5.2.1 Podprogram Sterilní vody a sterilních filtrů

Programové části pro sterilní vodu a pro filtry sterilní vody jsou sloučeny do jednoho podprogramu z důvodu jejich základního principu (jak sterilní voda tak sterilní filtry pracují převážně s vodou). Pro všechny tyto části, které jsou spojeny s principem, byly vytvořeny akce uživatele pomocí tlačítek Start, Stop a Přerušení automatické činnosti systému.

Sterilní voda

Podprogram sterilní vody se skládá z více částí. Je to sterilní tank, blok dvousedlových ventilů pro přívod vody ke koncovým zařízením a konečný stupeň, který vypouští nebo zadržuje sterilní vodu ve výrobní trase. Steritank a výrobní trasa se musí před použitím nasterilizovat, tzn. musí se v nich určitou dobu držet pára o určitém tlaku a teplotě. Po provedení všech kroků předsterilizace a samotné sterilizace musí být zařízení postupně celé ochlazeno, aby při rychlých změnách teploty nedošlo k velkému podtlaku a ke smrštění a deformaci potrubí a tanku (steritank je tvořen 2 pláštěmi, do jejichž mezery se vpouští voda pomocí flipování ventilu 3302V135).

Po skončení doby pro vychladnutí (1800 s) se zařízení odtlakuje a začne se plnit sterilní vodou do doby, kdy nebude celý systém zaplaven vodou a tank nebude mít minimální napuštěný objem. Poté si systém už sám reguluje přísun vody do tanku, aby si udržel předepsanou hodnotu a vykompenzoval odběry ke koncovým zařízením.

Systém je v kroku výroba tak dlouho, dokud nenastane některá z podmínek přerušení nebo stopu (např. chyba ventilů nebo stisknutí tlačítka obsluhou).

Akční zásahy působící na akční členy jsou vidět ve střední části aktivační tabulky.

Sterilní filtry

Podprogram sterilního filtru vody ovládá akční členy přímo spojené s přípravou vody pro sterilní výrobu. Nejprve se musí oba vodní filtry odkalit, tzn. zbavit nečistot, které se zde usadily při předchozím běhu programu. To je docíleno profukem horké páry ven skrze ventil 3301V08 NO. Poté se filtr ohřívá horkou parou na požadované teploty, které snímají teploměry 3301T01 a 3301T02 a po dosažení předepsaných teplot probíhá sterilizace. V dalším kroku se nejprve odtlačují filtry, aby nedošlo při chlazení k podtlaku uvnitř zařízení, a tím k jeho deformaci.

Po dokončení těchto kroků probíhá automatická filtrace sterilní vody podle požadavků sterilního tanku až do doby jeho ukončení.

5.2.2 Podprogram Systém

Podprogram nazvaný systém sleduje kroky podsystémů sterilní vody a filtrů a pomocí vlastní logiky zapisuje do registrů D hodnoty, které signalizují změnu barevného pozadí v rámci vizualizace. Dále se zde vytváří příprava pro změnu popisu na obrazovce SCADA (řešeno později pomocí stavů v Relianci) pomocí vyznačení aktuálního stavu (kroku) zařízení. Dále obsluhuje ovládací tlačítka na obrazovce (jejich inicializaci a jejich dočasnou blokaci po stisknutí).

5.2.3 Podprogram FB instance

V této části programu se podle signálů z ventilů (ze zpětné vazby) zapisují do proměnné typu Int celočíselné hodnoty od 0 do 4, které odpovídají stavům v jakých se ventil aktuálně nachází (neaktivní, aktivní, porucha nebo simulace). Tyto proměnné se využívají pro změnu barevného pozadí akčních členů ve vizualizaci pomocí SCADA systému. Zvyšuje se tím přehlednost v okně vizualizace nad stavy těchto ventilů.

5.2.4 Podprogram Konec

Tuto část vytvoří software CX-Programmer při vzniku projektu (původně s názvem End). Zde se definuje, co nastane s ovládacími tlačítky ve vizualizaci při zapnutí nebo vypnutí PLC programu (řeší se tím i výpadek energie). Po vypnutí se po předem definované době nastaví do pozice RSET a tím se jejich funkce uzamkne. Po zapnutí PLC (příchod signálu P_On) se zas všechny aktivují a systém vyčkává na změny jejich stavů.

6 Vizualizace pomocí SCADA systému

Pro ovládání a kontrolu obsluhou musí být vytvořen vizualizační systém, aby nemusela pomocí tagů nebo nějaké tabulky studovat, jaká proměnná je v jakém stavu. Jedná se tedy o grafické rozhraní se systémem PLC.

V této práci bylo vytvořeno grafické hlavní okno pomocí SCADA systému Reliance 4 s nákresem technologie sterilního tanku. Pomocí šablon jsou vyvolávány dialogová okna pro ruční ovládání akčních členů. Vizualizace komunikuje s reálným systémem pomocí OPC Serveru. Pro zobrazení případných alarmů byli vytvořeny 2 okna s aktuálními alarmy a historií alarmů.

Kompletní SCADA systém lze spustit z elektronické přílohy (bez konfigurace použité Ethernetové komunikace).

6.1 Založení nového projektu

Aplikace vizualizace systému pomocí SCADA systému se implementuje do již stávající vizualizace celého závodu. Od toho se také odvíjelo rozlišení obrazovky projektu 3840x2160, protože tyto monitory jsou již použity na kontrolních pracovištích. Pro menší typy obrazovek se musí posouvat ručně pomocí sliderů na pravém a spodním okraji obrazovky (například při zobrazení ve webovém rozhraní pomocí tenkých klientů). Při tvorbě nového okna SCADA systému se nepočítá se sběrem nových dat pro statistiku, protože všechna přívodní potrubí (voda, pára) jsou již monitorována a zahrnuta v jiných obrazovkách a statistických grafech.

6.2 Obrazovka vizualizace

Grafické rozhraní vychází z technologického schématu (P&I diagramu). Ovládací prvky jsou rozmístěny přesně tak, jak jsou zakresleny v diagramu. Dále byly z diagramu převzaty grafické značky pro akční členy, které byly probarveny pro signalizaci 4 různých stavů (neaktivní, aktivní, porucha a simulace). Akční členy jsou propojeny pomocí potrubí, které grafické rozhraní již nabízí. Potrubí se na obrazovce zobrazuje v několika barvách podle typu produktu (voda, pára, CIP). Steritank má na svém těle vnitřní tlak a pomocí 2 ukazatelů (lišta a display v %) zobrazuje naplnění. Steritank a vodní filtry překrývá různě barevný display popisující aktuální stav.

Po nakreslení obrazů sterilního tanku, sterilních filtrů a dalších byly podle zadání rozmístěny ventily pomocí funkce aktivního obrázku, která umožňuje měnit svůj vzhled v závislosti na hodnotě typu integer (proměnné s koncovkou bitword). Přes tyto aktivní obrazce ventilů je dané tlačítko pro vyvolání dialogového okna pro daný ventil (viz sekce 6.3).

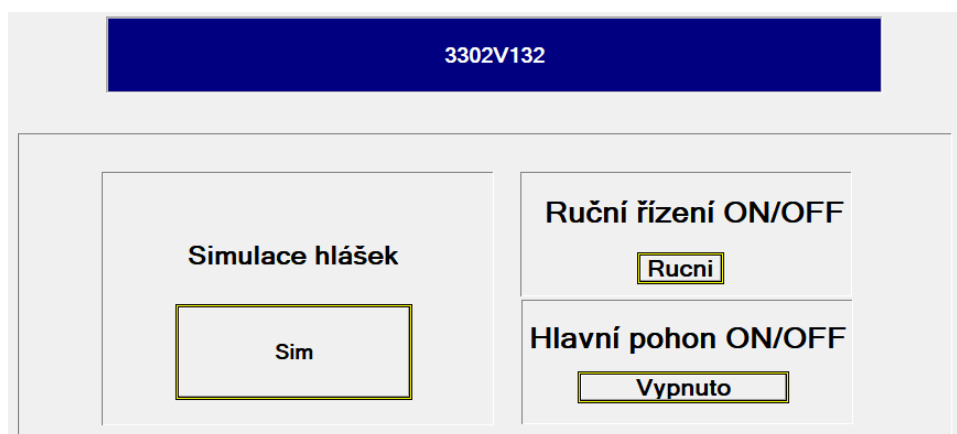
Snímače teploty, tlaku a průtoku jsou umístěny na přibližných pozicích jako jsou umístěny v realitě. Ve zbylém prostoru okna byly vytvořeny 2 sekce pro ovládání sterilních filtrů vody a steritanku pomocí definovaných tlačítek v PLC programu. Nad nimi jsou popisy kroků, názvy kroků a čísla kroků. Popisy byly vytvořeny pomocí správce stavů a tyto vytvořené stavy byly provázány s proměnnou ve správci stanic.

6.3 Šablony obrazovek

Pro velké množství členů vizualizace, které mají podobné vlastnosti na ovládání, může být vytvořena šablona obrazovky, která se v určitý moment vyvolá a jen ji předáme parametry daného členu. V našem případě se po stisknutí neviditelného tlačítka nad akčním členem otevře dialogové okno pro daný ventil (podmínkou je správné uživatelské přihlášení, např. admin).

Hlavní dialogové okno se skládá z několika menších šablon, které se postupně spojují pomocí funkce kontejneru. Takto může vzniknout například šablona okna z již předchozích šablon. Po vložení kontejneru a výběru šablony se již nedají měnit parametry v tomto okně (pouze kde je šablona poprvé definována). Parametry do takto vytvořených oken se předají pomocí dynamické vazby, kdy po stisknutí tlačítka pomocí String hodnoty je zapsán název akčního členu, vybrán název předdefinované struktury a otevřeno dialogové okno s parametry s návazností na tento akční člen. Tomuto procesu tvorby okna se říká dynamická vazba na objekt.

Šablony oken jsou definované obrazovky, kterým se již nemění grafická podoba v průběhu spuštění vizualizace. Na obrázku 6.1 lze vidět název akčního členu automaticky předaný do šablony a část tlačítek pro ruční ovládání propojené se strukturovanou proměnnou.



Obr. 6.1: Část dialogového okna vyvolané šablonou

6.4 Alarmy

Alarmy mohou vznikat jako systémové chyby, varování nebo mohou být vytvořeny jako nové alarmy v závislosti na akčních členech.

Systémové alarmy vytváří SCADA systém Reliance automaticky. Jsou zde obsaženy varování o systému pro uživatele, jako mohou být například upozornění na konec licence softwaru.

Uživatelsky definované alarmy jsou navázány na instanci stavu akčního členu (viz 5.2.3). Pomocí zvolené celočíselné hodnoty instance vznikne případný alarm na daný ventil. Ten se zobrazí v okně aktuálních alarmů, kde ho je možné zobrazit pouze po dobu výskytu závady, a okně s historií alarmů, kde je uchován po uplynutí závady. V těchto oknech se vypíše přiřazený text, datum a čas vzniku a zániku alarmu nebo na které stanici vznikl (v případě, že pochází z PLC stanice).

Definice jednoho z alarmů je na obrázku 6.2. Pokud bude hodnota proměnné bitword rovna 2, tak se vypíše na příslušnou obrazovku alarm s uvedeným textem s dodatečnými informacemi.

Název
Alarm_3211V01

Alias

Text
CIP, Porucha ventilu 3211V01, zavolejte údržbu

Proměnná
Omron1/3211V01_bitword

Typ
porucha

Podminka/stav
☒ Změna hodnoty
 ☒ Libovolná změna
 ☐ Přirůstek
 ☐ Pokles
☐ Náběžná hrana
☐ Sestupná hrana
☐ Horní kritická mez
☐ Horní varovná mez
☐ Dolní varovná mez
☐ Dolní kritická mez
☒ Hodnota v rozsahu

Různé
Priorita
0

Rozsah
Od hodnoty
2
Do hodnoty
2

Obr. 6.2: Vlastní definice alarmu akčního členu

6.5 Konfigurace stanice a proměnných

Proměnné, které je vhodné zobrazovat uživateli na obrazovku a které jsou definované v PLC programu, lze nakonfigurovat i do systému Reliance 4. Vybereme vhodnou pracovní stanici z předem definovaných (v našem případě stanice Omron). Tím se nám vytvoří 2 složky (proměnné a alarmy). Do složky proměnných postupně definujeme používané proměnné ve vizualizaci nebo je lze importovat pomocí CSV souboru. Adresa proměnné ve vizualizaci se musí shodovat s adresou v PLC, jinak by

se mohlo stát, že vizualizace bude zobrazovat jinou proměnnou (na názvu proměnné ve vizualizaci nezáleží, jsou propojené pomocí adresy).

Používané proměnné byly rozděleny do složek pro větší přehlednost. Každá z nich obsahuje skupinu parametrů, které mají něco společného (např. složka pro digitální vstupů ovládání). Po konfiguraci proměnné ji lze přiřadit členu na obrazovce vizualizace (např. tlačítku), kde se zapíše do jeho funkce.

Při změně stavu (buď v PLC nebo tlačítkem na obrazovce) se akce přenesou pomocí komunikace do druhého zařízení.

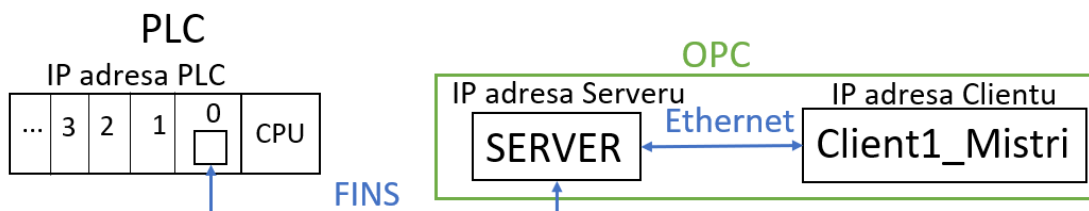
6.6 Zabezpečení

Obrazovka sterilní vody (jakožto všechny ostatní okna) je zabezpečena přístupovými právy proti jednání ostatních uživatelů proti úmyslným nebo nechtěným zásahům do systému. Předem definovaným uživatelům jsou přidělena práva pro provádění akcí. Tato práva jsou rozdělena do 25 různých kategorií. Například uživatel admin má všechna přístupová práva do systému (tzv. servisní oprávnění), která mu dovolují používat všechny prvky po přihlášení vlastním přístupovým kódem. Toho se dá využít například při testování systému před uvedením do provozu, kdy nad každým akčním členem je neviditelné tlačítko, které otevře šablonu okna pro daný ventil.

Další (nižší) oprávnění, která mohou spouštět programy pomocí viditelných tlačítek a sledovat stav systému a akčních členů na obrazovce, mají velící pracoviště (velíny a pracoviště mistrů středisek). Nejnižší oprávnění dostali uživatelé, kteří mají nějaký důvod sledovat výrobu třeba pomocí webového rozhraní (např. ředitel závodu, vedoucí výroby, laboratoře, ...). Ti mají nejnižší možné oprávnění pouze pro sledování obrazovky proti zásahům do systému.

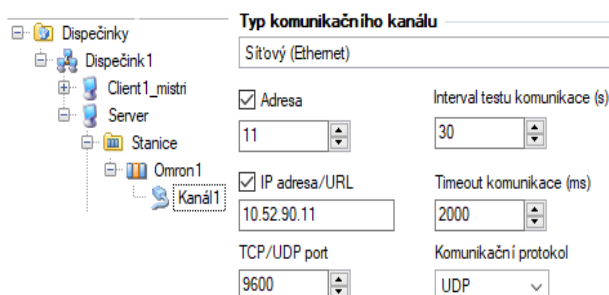
7 Komunikace pomocí protokolu OPC

Ke komunikaci mezi PLC a vizualizací je nutno nakonfigurovat komunikaci. Využíváme již stávající připojení ve formě FINS komunikace pro Omron. PLC Omron



Obr. 7.1: Vytvořený strom při založení nového projektu

mají speciálně upravenou komunikaci s názvem FINS. Ta zajišťuje bezproblémovou komunikaci mezi PLC a ostatními zařízeními (SCADA, HMI, ...). Pokud bychom používali klasický Ethernet, mohli bychom přijít o část dat, která přijdou ve framu (rámcu dat). Na nulté pozici je umístěna Ethernetová komunikační jednotka implementující FINS datové balíky pomocí UDP/IP (User Data Network/Internet Protocol). Ta zajišťuje komunikaci mezi PLC zařízením a Serverem. PLC, OPC server i OPC client mají přiřazené vlastní unikátní IP adresy. Dále na druhé pozici PLC je umístěna jednotka pro DeviceNet (DeviceNet Master), která rozlišuje další připojené moduly vlastním unikátním identifikátorem (moduly 3, 4, ...). Pomocí Reliance 4 se vybere na jaké IP adrese se bude nacházet OPC server, který bude přímo komunikovat s PLC Ethernetovou kartou. Dále se do tohoto vytvořeného serveru přiřadí i fyzická IP adresa PLC. Tím je vytvořena komunikace PLC-OPC server. Pokud je další monitor vizualizace (Client1_mistri), tak se dotazuje na data serveru a nezatěžuje PLC velkým počtem dotazů. Na server tím pádem může být připojeno více než 1 client a rychlost komunikace pomocí FINS zůstává nezměněna. Na obr. 7.2 je znázorněn nakonfigurovaný dispečink společně s nastavením komunikace serveru.



Obr. 7.2: Nastavení komunikace serveru a zařízení definované v dispečinku

8 Návod k obsluze

Pro obsluhu musel být vytvořen návod. Ten by měl vždy obsahovat posouzení rizik, která v blízkosti zařízení mohou vzniknout, stručný popis technologie a základní ovládání systému. Do návodu pro obsluhu také patří návrhy na preventivní údržby a seznam základních náhradních dílů, který je v případě potřeby připraven ve skladu náhradních dílů.

Detailní informace se obsluha dozvídá při vstupním školení, a tudíž se návod píše co nejstručněji (může sloužit jako část zaškolení nebo připomenutí technologie v průběhu provozu).

Návod k obsluze obsahuje:

- **Popis zařízení** - Zde se vysvětluje základní princip činnosti systému sterilní vody pro obsluhu tak, aby to pro ni bylo co nejsrozumitelnější na pochopení (nevysvětlují se zde žádné složité principy fungování). Jsou zde také stručně popsány jednotlivé větší celky systému, jako je sterilní tank nebo parní bariéra, aby si pod tím osoba, které s technologií přijde do kontaktu, mohla představit reálnou část.
- **Posouzení rizik** - Jelikož je systém uzavřená tlaková nádoba, největší riziko představuje právě samotný systém. V návodu jsou popsány postupy pro servis a údržbu, které musejí být dodrženy pro předejití rizika úrazu.
- **Návod k obsluze dotykového panelu a vizualizace pomocí SCADA** - Zde je popsán postup pro uvedení do provozu a zastavení systému převážně pomocí HMI panelu (není součástí této práce), který obsluhu stručně seznamuje s postupy startu a zastavení zařízení. Je zde také část pro obsluhu na velínech, která pracuje se SCADA systémem, jakým způsobem by měl být používán systém Reliance.
- **Doporučení pro preventivní údržbu a seznam základních náhradních dílů** - Preventivní údržba slouží pouze jako doporučení pro servis po uplynutí určitých hodin provozu. Záleží na stavu částí, opotřebení a době používání systému. Dále je uveden základní seznam součástek pro pravidelný nebo mimořádný servis. Tuto součástky by neměly chybět ve skladu náhradních dílů (např. vodní a vzduchové filtry).

Celý návod je uveden jako příloha na přenosném digitálním médiu (CD).

Závěr

Práce se převážně opírá o svoji praktickou realizaci reálného zařízení. Cílem bakalářské práce bylo navrhnout funkční řídicí PLC algoritmus obsluhující akční členy vyznačené v zadaném technologickém schématu. Akční členy jsou použity převážně pneumaticky řízené z důvodu spolehlivosti a stávajícímu rozvodu tlakového vzduchu po hale. Dále byla vytvořena vizualizace pro sledování činnosti na velínech. Celé zařízení bylo odzkoušeno a byl vytvořen návod pro obsluhu.

Pro analýzu zadání z technologického schématu byla zvolena metoda BFD, která překreslila systém do menších částí a uspořádala je do několika bloků provázaných šipkami dle fyzické návaznosti.

Dále byla vytvořena aktivační matice. Ta obsahuje názvy ventilů (jak technologické značení tak i jejich slovní popis) a názvy kroků PLC programu. Mezi těmito popisy je křížkem v dané buňce označena aktivace akčního členu. Pokud bylo potřeba zaznamenat dodatečnou akci, byla tato situace vyznačena slovně (např. flip). Pomocí aktivační matice byl vytvářen řídicí PLC algoritmus systému.

Využitím aktivační matice byl postupně vytvářen PLC program sterilní vody a sterilních filtrů ve stávajícím zařízení OMRON CS1H-H v prostředí CX-Programmer. Systém byl kvůli funkčnosti zprovozněn na virtuálním PC. Jako programovací jazyk byl zvolen jazyk Ladder. Program byl rozčleněn do několika logických částí (Voda, Systém, ...). Pro programování byly často využívány registry H, D a E. Dále byla nastavena Ethernetová komunikace jako příprava pro propojení s vizualizací.

Vizualizace byla z časového nedostatku realizována pouze v systému SCADA pomocí softwaru Reliance 4 od firmy Geovap. Zde bylo vytvořeno hlavní okno, kde je v rozlišení 3840x2160 zobrazeno překreslené technologické schéma. Při změně vnitřního stavu ventilu (např. při přechodu z neaktivního stavu do aktivního) se změní zbarvení členu. Při přihlášení se správnými uživatelskými oprávněními a kliknutí na akční člen vyvolá šablonu okna a je možné manuálně měnit stavy akčních členů.

Komunikace byla vyřešena pomocí protokolu OPC, kdy se Server dotazuje PLC a Client se dotazuje Serveru na data.

Po fyzickém odzkoušení a odladění byl vytvořen návod pro obsluhu, který obsahuje posouzení rizik a vhodné postupy při práci na zařízení, stručné návody ovládání vizualizací pro obsluhu, doporučení preventivní údržby systému a seznam doporučených základních náhradních dílů pro běžné servisní úkony.

Literatura

- [1] Industrial PC. *In: Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-10-29]. Dostupné z URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_PC>
- [2] Industrial Computers and Panel PCs. *Intel Corporation* [online]. Santa Clara (CA), USA [cit. 2020-10-31]. Dostupné z URL: <<https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/industrial-iot/industrial-pc.html>>
- [3] ZEŽULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. Brno: VUTUM, 2004. ISBN 80-214-2610-1.
- [4] GRAFCET. *In: Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-11-01]. Dostupné z URL: <<https://de.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>>
- [5] Mitsubishi PLC step ladder diagram and SFC. *Blog PLC ONE* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z URL: <<https://plc.home.blog/2018/10/08/mitsubishi-plc-step-ladder-diagram-and-sfc/>>
- [6] OLIVEIRA, Prof. Paulo Jorge, GASPAR, Prof. José, ed. *Industrial Automation: PLC Programming Languages - Instruction List*. [online]. University of Lisbon, Portugalsko, 2011 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z URL: <http://users.isr.ist.utl.pt/~jag/courses/api13/docs/API_I_C3_2_IL.pdf> Výuková prezentace. University of Lisbon, Portugalsko.
- [7] OMRON CS1G, CS1H Overview. *OMRON Corporation* [online]. Kyoto, Japan, 2007 - 2020 [cit. 2020-10-31]. Dostupné z URL: <<http://www.ia.omron.com/products/family/16>>
- [8] Datasheet OMRON CS1H-CPU65H. *Octopart, Inc.* [online]. New York (NY), USA [cit. 2020-10-31] Dostupné z URL: <<https://datasheet.octopart.com/CS1H-CPU65H-Omron-datasheet-140826018.pdf>>
- [9] Omron Toolbus Driver. *PTC.com* [online] Seaport Blvd, Boston, Massachusetts [cit. 2020-11-28]. Dostupné z URL: <<https://www.kepware.com/getattachment/577d4aff-7197-491c-b039-2d8b67dabc67/omron-toolbus-manual.pdf>>
- [10] CX-Programmer. *Omron Europe B.V.* [online]. Wegalaan, Hoofddorp, Netherlands [cit. 2020-11-28]. Dostupné z URL: <<https://industrial.omron.eu/en/products/cx-programmer#>>

- [11] CX-Designer. *Omron Europe B.V.* [online]. Wegalaan, Hoofddorp, Netherlands [cit. 2020-11-28]. Dostupné z URL: <<https://industrial.omron.eu/en/products/cx-designer#>>
- [12] Co znamená SCADA/HMI. *Geovap Reliance* [online]. Čechovo nábreží, Pardubice [cit. 2020-10-31]. Dostupné z URL: <<https://www.reliance-scada.com/cs/products/what-does-scada-hmi-mean>>
- [13] SCADA/HMI Reliance 4 - přehled. *Geovap Reliance* [online]. Čechovo nábreží, Pardubice [cit. 2020-11-28]. Dostupné z URL: <<https://www.reliance-scada.com/cs/products/reliance4-scada-hmi-system#page=overview>>
- [14] SCADA/HMI Reliance 4 - struktura. *Geovap Reliance* [online]. Čechovo nábreží, Pardubice [cit. 2020-11-28]. Dostupné z URL: <<https://www.reliance-scada.com/cs/products/reliance4-scada-hmi-system#page=structure>>
- [15] OPC Server/Client. *Foxon.cz* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z URL: <<https://www.foxon.cz/blog/prakticka-teorie/159-co-je-opc-opc-server-opc-klient>>
- [16] OPC and OPC UA explained. *Novotek* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z URL: <<https://www.novotek.com/uk/solutions/kepware-communication-platform/opc-and-opc-ua-explained/>>
- [17] AUSBERGER, Tomáš. *OPC UA servery a jejich použití pro přenos dat řídicích systémů*. [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z URL: <<https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/17921/1/prace.pdf>> Bakalářská práce. ZČU Plzeň.
- [18] Block Flow, Process Flow, and Piping & Instrumentation Diagrams. *AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. AIChE.org* [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z URL: <<https://www.aiche.org/chenected/2014/05/tutorial-block-flow-process-flow-and-piping-instrumentation-diagrams>>
- [19] SUTTON, Ian. *Block Flow Diagram, In: ScienceDirect.com* [online]. Process Risk and Reliability Management (Second Edition), 2015. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z URL: <<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/block-flow-diagram>>

- [20] ALFA LAVAL KOLDING A/S. *Instruction Manual SRC-RC Sanitary Remote-Controlled Reverse Closing Valve* [online]. Albuen 31, DK-6000 Kolding, Denmark [cit. 2020-11-24] Dostupné z URL: <http://alfaaditya.com/wp-content/uploads/2017/08/SRC_RC_Sanitary_Remote_Controlled_Closing_Valve_Manual.pdf>
- [21] ALFA LAVAL KOLDING A/S. *Instruction Manual Unique Sanitary Mixproof Valve* [online]. Albuen 31, DK-6000 Kolding, Denmark [cit. 2020-11-24] Dostupné z URL: <<https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/fluid-handling/valves/seat-valves/double-seat-valves/unique-mixproof/instruction-manual—unique-sanitary-mixproof-valve-including-us-version—ese00923en.pdf>>

Seznam symbolů a zkratek

IPC	průmyslové PC - Industrial PC
PLC	programovatelný logický(stavový) automat - Program Logic Controller
ms	milisekunda
μs	mikrosekunda
double	Datový typ Double-precision floating-point
CPU	Výpočetní jednotka - Central processing unit
I/O	Vstup/Výstup - Input/Output
SCADA	Supervisory Control And Data Aquisition
OPC	OLE for Process Control nebo Open Platform Communications
RTC	Real Time Communication - Komunikace v reálném čase
BFD	Block Flow Diagram
P&ID	Piping&Instrumential Diagram
P (bar)	Tlak udávaný v barech
CIP	Clean In Place
l/h	Litry za hodinu
UDP/IP	User Data Network/Internet Protocol

Seznam příloh

A Piping&Instrumential Diagram	46
B Aktivační tabulka	47
C Obsah přiloženého CD	48

A Piping&Instrumential Diagram

Diagram ve formátu A3 je pouze jako papírová příloha v tištěné verzi nebo jako elektronická příloha.

B Aktivační tabulka

Tabulka ve formátu A3 je pouze jako papírová příloha v tištěné verzi nebo jako elektronická příloha.

C Obsah přiloženého CD

Obsah přiloženého CD

```
/ ..... kořenový adresář přiloženého CD
├── Fotografie ..... Složka s vybranými fotografiemi systému
├── Schemata ..... Složka s technologickými schématy
│   ├── sterilní_voda.pdf
│   ├── sterilní_voda_CIP.pdf
│   ├── sterilní_voda_sterilizace.pdf
│   ├── sterilní_voda_sterilizace_filtrů.pdf
│   └── sterilní_voda_výroba.pdf
├── Aktivacni_tabulka_final.pdf ..... Aktivační tabulka
├── PLC_program_final.cxp ..... PLC program s příponou .cxp
├── SCADA_final.zip ..... Záloha SCADA systému Reliance 4
└── Návod.pdf ..... Návod pro obsluhu
```